Wie können elektronische Geräte störsicher gebaut werden? [Fortsetzung]

Autor(en): **Ruppert, Paul**

Objekttyp: **Article**

Zeitschrift: **Pionier : Zeitschrift für die Übermittlungstruppen**

Band (Jahr): **59 (1986)**

Heft 5

PDF erstellt am: **29.04.2024**

Persistenter Link: https://doi.org/10.5169/seals-561990

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.
Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.
Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Ein Dienst der *ETH-Bibliothek*
ETH Zürich, Rämistrasse 101, 8092 Zürich, Schweiz, www.library.ethz.ch

http://www.e-periodica.ch

Elektromagnetische Verträglichkeit (Fortsetzung)

Wie können elektronische Geräte störsicher gebaut werden? III

Von Paul Ruppert

Einführungen von Signal- und Ausgangsleitungen

Signalleitungen, die in die störempfindliche Elektronik hineinführen, sind immer mehr oder weniger mit Starkstromkabeln verkoppelt, die Störspannungen führen. Ausserdem können durch Felder von Hochfrequenzsendern oder aus atmosphärischen Entladungen Störsignale auf die Signaldrähte gelangen. Werden diese Signalleitungen im Gerät an Eingänge der elektronischen Schaltung angeschlossen, so sind die zulässigen Störspannungen natürlich sehr klein. Drähte, die von Ausgängen der Elektronik nach aussen führen, dürfen im allgemeinen etwas höhere Störsignale führen. Eine hohe Funktionssicherheit der elektronischen Steuerung kann nur erreicht werden, wenn *alle* Eingangs- und Ausgangsleitungen gegen das Eindringen von Störungen behandelt werden. Hat man Einfluss auf die Auslegung des Signalleitungsnetzes, so kann mit der Forderung nach geschirmten Leitungen die Verkopplung der Signaldrähte mit allfälligen Störquellen beträchtlich reduziert werden.

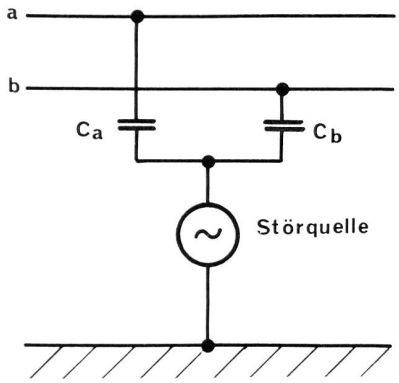

Bild 14 Kapazitive Einkopplung eines Störsignals auf eine zweidrahtige Signalleitung. Es entsteht nur eine Gleichtaktstörspannung auf der Leitung, wenn C_a und C_b gleich gross sind. Sind die beiden Kopplungskapazitäten ungleich, entsteht ausser der Gleichtakt- auch eine Gegentaktstörspannung.

Auf den Signalleitungskabeln werden die Störungen zur Hauptsache als Gleichtaktstörsignale eingekoppelt, Gegentaktstörungen können aber bei ungünstiger Verlegung der Signaldrähte oder durch die an den Enden angeschlossenen Apparate auftreten (Bild 14).

Für die Entstörung der Signaldrähte gibt es mehrere Möglichkeiten, nämlich Anordnungen, die den Geräteeingang galvanisch von der Signalleitung trennen, und Tiefpassfilterschaltungen. Signalkreise können mit optoelektronischen Kopplern oder mit Transformatoren *galvanisch* von den Leitungen getrennt werden. Man erreicht dadurch eine Dämpfung der Gleichtaktstörung auf der Signalleitung. Beide Methoden übertragen Signale, die ja Gegentaktspannungen sind, bis zu hohen Frequenzen. Allfällige Gegentaktstörungen werden aber nicht gedämpft. Ein Nachteil der Optokoppler kann die Notwendigkeit einer speziellen Stromversorgung für den gestörten Signalkreis sein, die selbst wieder gut entstört sein muss. Transformatoren können keine statischen Signale übertragen, was unter Umständen zusätzlichen Aufwand auf der Sekundärseite erfordert.

Die Signalleitungen können, wie bereits erwähnt, auch mit Signaldrahtfiltern, die immer als Tiefpassfilter wirken, entstört werden.

Sind nur Gleichtaktstörungen zu erwarten oder muss die Übertragungsgeschwindigkeit für die Nutzsignale gross sein, kann das Signaldrahtfilter aus Gleichtaktspule und Abschlusswiderstand oder Abschlusskondensator aufgebaut sein. Langsame zu übertragende Signale erlauben es, die Signaldrähte über separate Tiefpässe zu führen. Dies ergibt den besten Störschutz, weil sowohl Gegentakt- als auch Gleichtaktsignale gedämpft werden (Bilder 15 und 16).

Die Verbindung von Kabelabschirmungen an Gehäusemasse und das Zusammenschalten von Erdleitern verschiedener Geräte muss sorgfältig überdacht sein. In gewissen Fällen ist aus diesen Gründen galvanische Potentialtrennung erforderlich. Auch Erdleiterdrosseln können nützlich sein.

Schaltungstechnische Massnahmen

Die gewählte Schaltungstechnik beeinflusst die Störempfindlichkeit eines elektronischen Systems unter Umständen sehr stark. In der klassischen Digitaltechnik sind in den letzten Jahren die Preise der Digitalbauteile durch die Integration immer tiefer gesunken. Um diesen Vorteil zu nutzen, werden die elektronischen Geräte wenn möglich mit den Standard-Logikfamilien TTL oder CMOS gebaut. Wie in den vorangehenden Abschnitten festgestellt wurde, verlangt aber die Störempfindlichkeit dieser Logikbausteine einen mehr oder weniger grossen Aufwand für Entstörungsmassnahmen. Diese Überlegungen führen manchmal zu einer anderen Entscheidung in der Wahl der Technik. Störempfindliche integrierte Logik ist immer dann günstig, wenn viele komplexe Verknüpfungen und wenig Eingänge und Ausgänge vorkommen (z. B. ein Ereigniszähler mit einem ein-

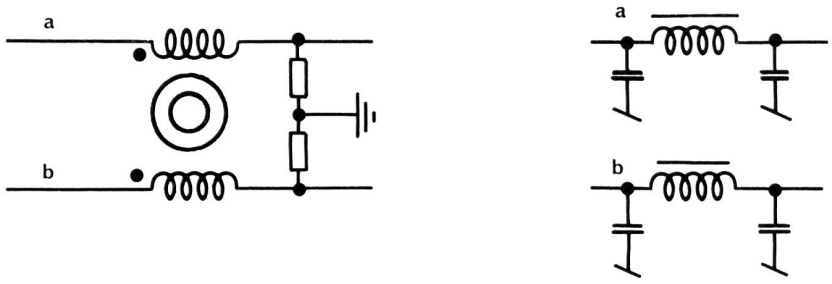

Bild 15 Signaldraht- oder Datenleitungsfilter. Links das Schema einer Anordnung für symmetrische Leitungspaare, die nur eine Gleichtaktdämpfung ergibt. Rechts werden die beiden Drähte über separate Tiefpässe geführt, wodurch Gleich- und Gegentaktstörungen gedämpft werden.

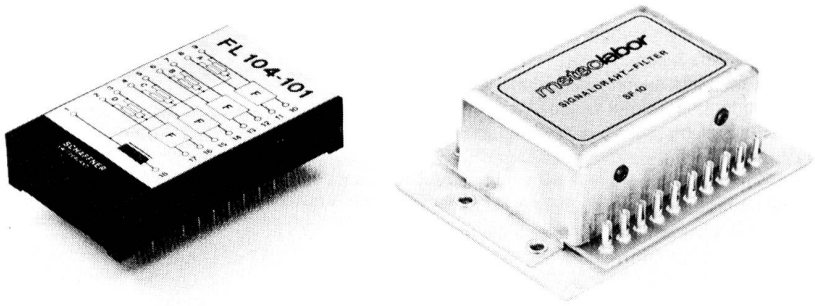

Bild 16 Beispiele von handelsüblichen Filtern für Signaldrähte. Links ein Datenleitungsfilter für die Dämpfung von Gleichtaktstörungen auf 4 Datenleitungspaaren, rechts ein Signaldrahtfilter für die Entstörung von 10 einzelnen Signalleitungen.

zigen externen Geber und mit im Gerät eingebauter Anzeige) oder wenn die grosse Schaltgeschwindigkeit ausgenützt werden kann.
Auch in unserer Zeit kann es noch vorkommen, dass eine Lösung mit elektromechanischen Relais oder ein Logiksystem mit diskreten Transistoren gewählt wird.
Auch die Schaltungsdimensionierung bietet Möglichkeiten für die Verbesserung der Störsicherheit: Wenn die Signaleingänge nur langsam ändern, dann soll man dies ausnützen, indem den Signaldrahtfiltern RC-Integrationsschaltungen direkt vor den Logikeingängen nachgeschaltet werden. Um trotzdem die von den meisten Logikfamilien geforderten Impulsanstiegssteilheiten zu erreichen, müssen den RC-Gliedern Schmitt-Trigger-Schaltungen folgen. Signalausgänge, die über Trennverstärker (in Logiksystemen auch eine als Inverter oder Spannungsfolger geschaltete Torschaltung) nach aussen gelangen, ergeben eine günstige Lösung. Eine auf dem Ausgangsdraht eingeführte Störung wird durch den Trennverstärker (Buffer) von Logikeingängen isoliert (Bild 17).
Eine wichtige Massnahme ist die niederohmige Auslegung der Stromversorgungsleitungen und das Umgehen von Spannungsabfällen hoher Störströme. Nur so kann vermieden werden, dass vom Gerät erzeugte Stromspitzen die eigene Logik stören. Solche Spitzenströme, wie sie bei Schalten von starken Belastungen (Umschalten von Totempfahlausgängen, Anzeigen im Chopperbetrieb usw.) entstehen, fliessen nicht über die ganze Speisungsverdrahtung, wenn an den entsprechenden Orten in der Schaltung Pufferkondensatoren eingebaut sind. Bild 18 zeigt Beispiele für verschiedene Leitungsführungen.
Störungen, die von Bauteilen im eigenen Gerät erzeugt werden, sind mit geeigneten Mitteln an der Quelle zu verringern. Besonders energiereiche Störungen entstehen beim Ausschalten von induktiven Lastimpedanzen (Bild 19). Genügend schnell schaltende Freilaufdioden parallel zu Gleichstromspulen von Relais, Ventilen usw. dämpfen die Störspannungen sehr gut, vergrössern aber die Abfallzeit. Mit richtig dimensionierten RC-Schaltungen können Gleich- und Wechselspannungsspulen beschaltet werden, ohne dass die Abfallzeiten wesentlich erhöht werden, die induzierte Spannung ist dabei etwas grösser als an Freilaufdioden. Am Beginn der grossen Verbreitung des *Mikroprozessors* ist es sicher am Platz, die Störungseinflüsse auch auf Geräte dieser Bauweise zu betrachten.
Natürlich gelten die weiter oben gemachten Feststellungen und Ratschläge auch für Mikroprozessorapparate. Weil der Mikrocomputer eine zeitlich parallel arbeitende Digitalelektronik durch sequentiell ablaufende Schaltvorgänge ersetzt, ist die Auswirkung von Störungen doch anders. Über die Signaleingänge und -ausgänge kann die Störung jederzeit in die Digitalelektronik hineingelangen, wogegen der die Eingänge abtastende Mikrocomputer eine Störung nur dann aufnimmt, wenn sie gleichzeitig mit dem Abtastmoment auftritt. Diese Wahrscheinlichkeit ist unter Umständen sehr klein, so dass eine Mikrocomputersteuerung deswegen weniger störempfindlich sein kann. Treten aber die Störungen über die Stromversorgung in die Mikrocomputerelektronik ein, dann wird eventuell der Programmablauf (z. B. durch Verstellen des Programmzählers) geändert. Falls im Programm nicht spezielle Vorkehrungen getroffen wurden, ist es möglich, dass sich das Gerät nicht mehr in die normale Arbeitsweise zurückfindet, und dies eine sehr lästige Fehlfunktion des Gerätes bewirkt.

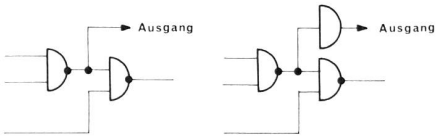

Bild 17 Schaltung rechts trennt den Ausgangsdraht über einen Trennverstärker (Buffer) ab, wodurch sich allfällige über den Draht eindringende Störungen weniger stark auswirken können.

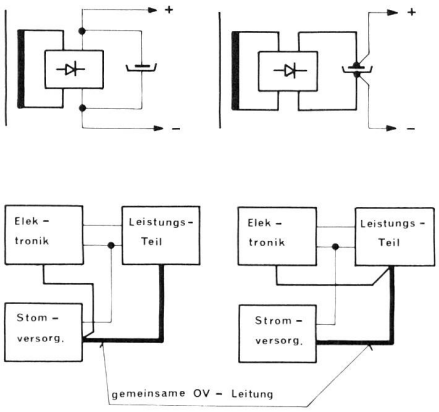

Bild 18 Liks schlechte, rechts gute Beispiele für die Kabelführung in bezug auf das Einkoppeln von Spannungsabfällen hoher Stromspitzen an den Verdrahtungsimpedanzen.

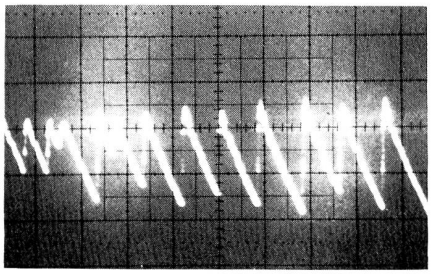

Bild 19 Störspannungsverlauf an einer mit einem mechanischen Schalter geschalteten Schützenspule ohne Entstörbeschaltung (Massstäbe: 50 Volt und 500 Nanosekunden pro Einheit).

Beispiel einer funktionstüchtigen Anordnung in rauhem Störklima

Zum Schluss dieses Abschnittes soll ein Beispiel für die Lösung des EMC-Problems in einem Fernmesssystem gezeigt werden. An einer Baumaschine in einigen hundert Metern Distanz wird eine Drehbewegung fernbedient. Der Stand des rotierenden Teiles wird ferngemessen, indem der Rotor mit einem Impulsgeber abgetastet wird. In dem beweglichen Kabel liegen Drähte, welche die 220-Volt-Netzspannung sowie die Signale des Impulsgebers führen, parallel. An der gleichen Netzspannung werden auch die übrigen Baumaschinen betrieben, so dass Störsignale jeglicher Art zu erwarten sind. Nachdem verschiedene Versuche fehlgeschlagen waren, brachte die in Bild 20 skizzierte Lösung die verlangte Betriebssicherheit.

Schlussbemerkungen

Eine erschöpfende Behandlung der Beseitigung von Störungen in elektronischen Systemen ist nicht nur wegen des beschränkten Rahmens eines Zeitschriftenartikels unmöglich, sondern auch weil die «Entstörphilosophien» verschiedener Fachleute nicht in allen Punkten übereinstimmen. Eine *EMC-Planung* anlässlich von Neukonstruktionen elektronischer Geräte ist zwingend nötig. Ihre Bedeutung wird zweifellos noch zunehmen, wenn in Zukunft selbst einfache Funktionen mit hochintegrierten digitalen Halbleiterbausteinen gelöst werden.

Résumé

La sécurité de service d'une électronique dépend pour une bonne part de la maîtrise des problèmes des perturbations. C'est pourquoi il faut que le constructeur ait certaines notions sur l'origine et la pénétration des signaux perturbateurs dans les installations électroniques. Certaines mesures pour réduire la sensibilité aux perturbations sont simples, voire même triviales, mais d'autres, au contraire, demandent une étude exacte des conditions de couplage. L'article traite spécialement du déparasitage des entrées de câbles dans l'appareil électronique. Les conseils donnés sont expliqués en partie par des exemples de la pratique.
(Schluss)

Literaturhinweis

EMC – Elektromagnetische Verträglichkeit. Elitera-Verlag, Berlin 33.

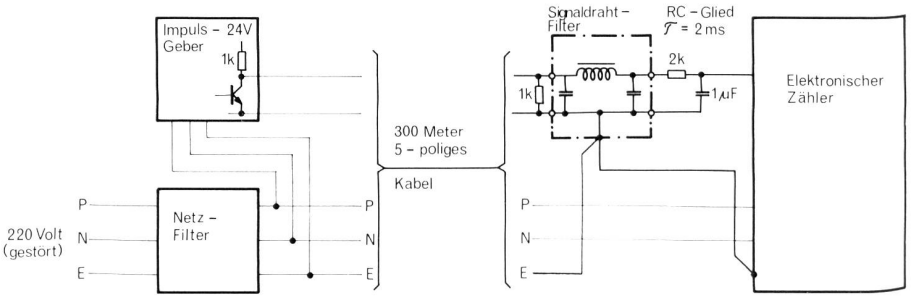

Bild 20 Entstörung einer Fernmessung. Die in diesem Beispiel getroffenen Massnahmen sind:
- *Ein Netzfilter dämpft die Störungen des 220-Volt-Netzes und reduziert damit die auf den Signaldraht eingekoppelten unerwünschten Signale;*
- *Der Signalpfad wird mit einem Signaldrahtfilter geschützt*
- *Die Impulsfrequenz des Gebers ist nie grösser als 100 Hertz. Also darf dem Signaldrahtfilter ein RC-Integrator von z. B. 2 Millisekunden Zeitkonstante nachgeschaltet werden;*
- *Richtiger Anschluss der Schutzerdung.*